

CLIPPEDIMAGE= JP405129658A
PAT-NO: JP405129658A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 05129658 A
TITLE: GALLIUM NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT
EMISSION DEVICE

PUBN-DATE: May 25, 1993

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

TAMAKI, MASATO
OZAWA, TAKAHIRO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

TOYODA GOSEI CO LTD

N/A

TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC

N/A

APPL-NO: JP03313977

APPL-DATE: October 30, 1991

INT-CL (IPC): H01L033/00

US-CL-CURRENT: 257/461

ABSTRACT:

PURPOSE: To improve the efficiency of light extraction and to suppress resistance components between electrodes.

CONSTITUTION: A light emission device, having an n-layer 4 made of an n-type gallium nitride compound semiconductor ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$; $0 \leq x < 1$) and an i-layer 5 made of a semiinsulative i-type gallium nitride compound semiconductor doped with a p-type impurity in junction with the n-layer 4, comprises a first electrode 7 made of a transparent conductive film formed over the surface of the i-layer 5 and a second electrode 8 so formed as to be connected from the i-layer 5 to the n-layer 4 so as to emit light outside from the i-layer 5. Even when current is injected into the first electrode by spot,

the whole first electrode should have a uniform potential
to emit light from
the whole face under the first electrode, resulting in
light extraction from
the transparent electrode.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-129658

(43)公開日 平成5年(1993)5月25日

(51)Int.Cl.⁵

H01L 33/00

識別記号

庁内整理番号

C 8934-4M

FI

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1(全 7 頁)

(21)出願番号

特願平3-313977

(22)出願日

平成3年(1991)10月30日

(71)出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地

(71)出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1

(72)発明者 田牧 真人

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内

(74)代理人 弁理士 藤谷 修

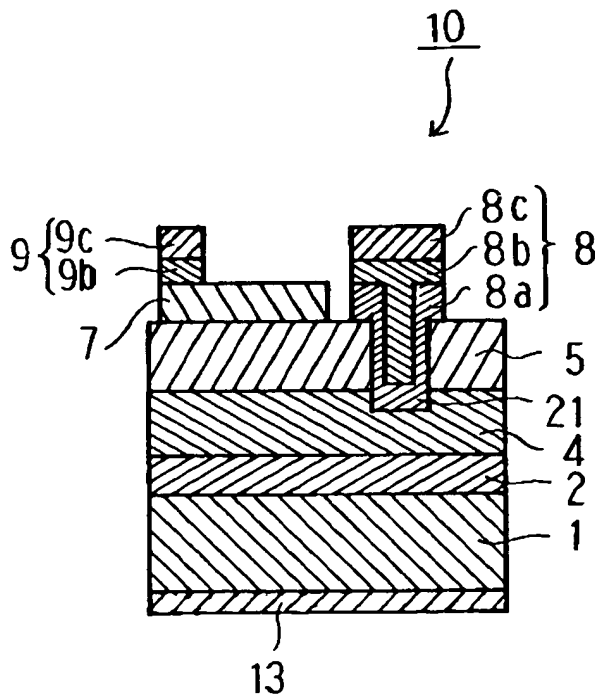
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

(57)【要約】

【目的】 光の取出効率を向上させると共に電極間の抵抗成分を低く抑える。

【構成】 n型の窒化ガリウム系化合物半導体 ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$; $0 \leq x < 1$) から成るn層4と、n層4に接合するp型不純物を添加した半絶縁性のi型の窒化ガリウム系化合物半導体から成るi層5とを有する発光素子において、i層5の表面に形成された透明導電膜から成る第1の電極7と、i層5の側からn層4に接続するように形成された第2の電極8とから成りi層5の側から外部に発光させるようにした。第1の電極に対してスポットで電流を注入させても、第1の電極全体を均一の電位とし、第1の電極の下方の全面から発光し、透明な第1の電極の側から光が取り出される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型の窒化ガリウム系化合物半導体 ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$; $0 \leq x < 1$) から成る n 層と、前記 n 層に接合する p 型不純物を添加した半絶縁性の i 型の窒化ガリウム系化合物半導体 ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$; $0 \leq x < 1$) から成る i 層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、

前記 i 層の表面に形成された透明導電膜から成る第1の電極と、

前記 i 層の側から前記 n 層に接続するように形成された第2の電極とから成り前記 i 層の側から外部に発光させることを特徴とする半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は青色や短波長領域発光の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来技術】 従来、青色や短波長領域発光の発光ダイオードとして GaN 系の化合物半導体 ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$; $0 \leq x < 1$) を用いたものが知られている。その GaN 系の化合物半導体は直接遷移であることから発光効率が高いこと、光の3原色の1つである青色を発光色とすること等から注目されている。

【0003】 このような GaN 系の化合物半導体は、低抵抗 p 型結晶が得られていないため、これを用いた発光ダイオードは金属電極 (Metal) - 半絶縁性の GaN から成る i 層 (Insulator) - n 型 GaN から成る n 層 (Semiconductor) の構造を持つ、いわゆる M I S 型構造をとる。発光は i 層への電極 (発光電極) の直下で見られる。すなわち、この電極形成部分が M I S 構造を形成する。このような M I S 構造の GaN 青色 LED においては、光を効率よく取り出すための素子構造および実装方法の確立が不可欠となっている。

【0004】 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ などの他の 3-5 族化合物半導体を用いた p n 接合型構造の発光素子においては、素子内での接合面に平行な横方向への電流の拡散のために、接合面に垂直に且つ均一に電流が流れる。この結果、M I S 型 LED のように電極直下部分のみが発光するのと異なり、電極の大きさに関係なく接合面全体が発光する。接合面全体がほぼ均一に発光するため、光の取り出しが容易である。

【0005】 しかし、M I S 型構造をとる GaN 青色 LED は、発光電極直下の i 層中では、接合面に平行な横方向への電流拡散はほとんど起こらない。このため、発光する部分は発光電極直下の領域に限られる。したがって、通常電極は金属を用いるため、発光電極側からは、発光は電極のかげになってほとんど見えない。

【0006】 そこで、従来の GaN 青色 LED は、サファイア基板と GaN とが発光に対して透明であることを

により、光を基板を通して裏面より取り出す方法をとっている。すなわち、発光電極と、n 層と電氣的に接続された電極 (n 層側電極) とを GaN エピタキシャル層表面に形成し、これらの電極とリードフレームとをハンダによって接合することにより、基板を通して光を取り出すことを可能にしたものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、フリップチップ方式を用いた場合、発光電極 (i 層電極) および n 層電極とリードフレームはハンダによって接合されているため、以下にあげる理由により、素子の電氣的な直列抵抗成分が大きくならざるを得ない。

1. 発光電極 (i 層電極) と n 層電極とのハンダの短絡を防ぐため電極間隔を余り狭くできず、電氣的な抵抗成分が大きくなってしまう。

2. 発光電極 (i 層電極) と n 層電極の形状が大きく異なると、ハンダバンプ形成時においてハンダバンプの高さも異なってしまうため、リードフレームとの接合不良が起こり易くなる。

【0008】 したがって、両電極の面積は略同じ形状としなければならない。このため、電極パターンの自由度がなくなり、電氣的な抵抗成分を減少させるための最適なパターンをとれなくなる。又、素子の電氣的な直列抵抗成分が大きいということは素子の発光効率を低下させるためばかりではなく、素子の発熱を誘因し、素子の劣化や発光強度の低下を引き起こすことになり好ましくない。

【0009】 本発明は、発光素子において、光の取り出し効率を向上させると共に電氣的な抵抗成分を低く抑えることでさらに発光効率を向上させることである。

【0010】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するための発明の構成は、n 型の窒化ガリウム系化合物半導体 ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$; $0 \leq x < 1$) から成る n 層と、前記 n 層に接合する p 型不純物を添加した半絶縁性の i 型の窒化ガリウム系化合物半導体 ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$; $0 \leq x < 1$) から成る i 層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、i 層の表面に形成された透明導電膜から成る第1の電極と、i 層の側から n 層に接続するように形成された第2の電極とから成り i 層の側から外部に発光させることを特徴とする。

【0011】

【作用】 半絶縁性の i 層に対して透明導電膜から成る第1の電極を形成している。この第1の電極を介して光が放射される。この第1の電極の面積が発光面積を規定している。又、第1の電極は導電性を有するので、第1の電極に対してスポットで電流を注入させても、第1の電極全体を均一の電位とし、第1の電極の下方の全面から発光する。

【発明の効果】上述のように、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、第1の電極（発光電極）として透明導電膜を用いており、透明導電膜が可視光に対して透明であることを利用しているため、発光電極側からの光の取り出しが可能である。このため以下に例示する種々の作用効果を奏する。

【0013】1. 電極を上面にして実装できるため、ハンダを用いずに通常のワイヤボンディングによって接続でき、第1の電極に対してスポット的にリード線を接続しても、第1の電極の導電性により、平面方向にも電流が拡散するので、第1の電極全体を均一電位とすることができる。よって、第1の電極に対するワイヤボンディングパットは狭くできる。従って、第1の電極（発光電極）と第2の電極（n層電極）は、フォトリソグラフやエッチング、リフトオフなど、素子作製のプロセスにおいて短絡を防ぐために必要とされる間隔があれば良い。即ち、従来のフリップチップ方式では、2つの電極間距離は、2つの電極に対するハンダ間の短絡を防止することから、フォトリソグラフやエッチング技術の限界からくる距離よりも遙に長い距離を必要とするので、第1の電極の面積を広くできない。本発明では、この点、チップ面積に対する第1の電極面積の占有率を向上させることができるので、発光効率を向上させることができる。また、2つの電極間距離は、従来のフリップ方式よりもかなり小さくでき、素子の電気的な抵抗成分を減少させることができる。

【0014】2. フリップチップ方式では第1の電極（発光電極）と第2の電極（n層電極）のパターンは同じにする必要があったが、本発明では、2つの電極のパターンの自由度が増し、素子の電気的な抵抗成分を減少させる最適なパターンを設計することができる。

【0015】3. 第1の電極（発光電極）と第2の電極（n層電極）との間隔を小さくできること、および電極のパターンの自由度が増えることにより、発光面積に対するチップサイズの小型化、あるいは発光面積の拡大が可能となり、経済的な素子作製を容易に行うことができる。

【0016】4. AlGaAs 赤色LEDなど他の発光素子と、同一のリードフレーム内でのハイブリッド化が可能となることから、一つの素子で青や緑、赤などの多色を表示するLEDの実現が容易となる。

【0017】

【実施例】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図1は、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を適用した発光ダイオードの構成を示す断面図である。発光ダイオード10はサファイア基板1を有しており、そのサファイア基板1上には500ÅのAlNのバッファ層2が形成されている。そのバッファ層2の上には、膜厚約2.5μmのn型Ga_{0.99}Nから成るn層4が形

半導体Ga_{0.99}Nから成るi層5が形成されている。そしてi層5の表面からi層5を貫通しn層4に達する凹部21が形成されている。この凹部21を覆うようにn層4に接続する金属製のn層4のための第2の電極8が形成されている。この第2の電極8と離間してi層5上に錫添加酸化インジウム（以下ITOと略す）から成る透明導電膜のi層5のための第1の電極7が形成されている。第1の電極7の隅の一部には取出電極9が形成されている。その取出電極9はNi層9bとAu層9cとの2層で構成されている。又、第2の電極8はn層4に接合するAl層8aとNi層8bとAu層8cとの3層で構成されている。この構造の発光ダイオード10のサファイア基板1の裏面にはAlの反射膜13が蒸着されている。

【0018】次に、この構造の発光ダイオード10は基板40に接合されており、基板40に立設されたリードピン41、42と電気的に接続されている。即ち、第1の電極7に接合した取出電極9のAu層9cとリードピン41とがAu線43により接続されており、第2の電極8のAu層8cとリードピン42とがAu線44により接続されている。

【0019】次に、この構造の発光ダイオードの製造方法について、図3から図9を参照しながら説明する。上記発光ダイオード10は、有機金属化合物気相成長法（以下、MOVPEと記す）による気相成長により製造された。用いられたガスは、NH₃とキャリアガスH₂とトリメチルガリウム（Ga(CH₃)₃）（以下、TMGと記す）とトリメチルアルミニウム（Al(CH₃)₃）（以下、TMAと記す）とシラン（SiH₄）とジエチル亜鉛（以下、DEZと記す）である。

【0020】先ず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を主面とする単結晶のサファイア基板1をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常圧でH₂を流速2 l/分で反応室に流しながら温度1200℃でサファイア基板1を10分間気相エッチングした。次に、温度を400℃まで低下させて、H₂を20 l/分、NH₃を10 l/分、TMAを1.8×10⁻⁵モル/分で供給して500Åの厚さのAlNから成るバッファ層2を形成した。

【0021】続いて、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、H₂を20 l/分、NH₃を10 l/分、TMGを1.7×10⁻⁴モル/分の割合で30分間供給し、膜厚2.5μm、キャリア濃度1×10¹⁵/cm³のGa_{0.99}Nから成るn層4を形成した。次に、サファイア基板1を900℃にして、H₂を20 l/分、NH₃を10 l/分、TMGを1.7×10⁻⁴モル/分、DEZを1.5×10⁻⁴モル/分の割合で2分間供給して、膜厚0.2μmのGa_{0.99}Nから成るi層5を形成した。このようにして、図3に示すような多層構造のLEDウエハが得られた。

5

体にスパッタリングにより SiO_2 層11を、厚さが $1\mu\text{m}$ となるように形成した。そして、その SiO_2 層11の上にフォトリソグラフにより、そのフォトリソグラフの第2の電極8の形成部が除かれるように、所定形状にパターン形成した。次に、図5に示すようにそのフォトリソグラフをマスクとして下層の SiO_2 層11の露出部をフッ酸系エッチング液によりエッチングした。

【0023】次に、図6に示すように、フォトリソグラフ12および SiO_2 層11をマスクとして、真空度 0.04 Torr 、高周波電力 0.44 W/cm^2 、 CCl_2F_2 ガスを 10 ml/分 の割合で供給し、反応性イオンエッチングによりi層5を貫通しn層4に達する凹部21を形成した。また、エッチング後、続いて Ar でドラムエッチングした。そして、フォトリソグラフ12および SiO_2 層11をフッ酸で除去した。

【0024】次に、試料の上全面全体に、イオンプレーティングにより透明導電膜のITO層を約 1000 \AA の厚さに形成した。そして、そのITO層の上にフォトリソグラフを塗布した。フォトリソグラフにより、第1の電極7の形成部分のフォトリソグラフが残るように、フォトリソグラフを所定形状にパターン形成した。

【0025】次に、残ったフォトリソグラフをマスクとして下層のITO層の露出部をエッチングした。そして、フォトリソグラフを除去した。これにより、図7に示すようにエッチングで残ったITO層から成る第1の電極7が形成された。次に、試料の上全面全体に蒸着によりAl層を約 2000 \AA の厚さに形成した。そのAl層の上にフォトリソグラフを塗布して、フォトリソグラフにより、そのフォトリソグラフが、第2の電極8の形成部分が残るように、所定形状にパターン形成した。次に、そのフォトリソグラフをマスクとして下層のAl層の露出部をエッチングし、フォトリソグラフを除去した。これにより、図8に示すように、n層4に接続する第2の電極8のAl層8aが形成された。

【0026】次に、試料の上全面全体にフォトリソグラフを塗布し、フォトリソグラフにより、ITOから成る第1の電極7の取出電極9の形成部分と第2の電極8の形成部分とにおいて、塗布されたフォトリソグラフを除去した。その結果、図9に示すように、取出電極9の形成部分と第2の電極8の形成部分以外の部分にフォトリソグラフ層31が形成された。

【0027】次に、図9に示すように、試料の上全面にNi層32およびAu層33を蒸着により順次それぞれ約 500 \AA 、約 3000 \AA の厚さに形成した。次に、アセトンでフォトリソグラフ31を除去することで、そのフォトリソグラフ31の直上に形成されたNi層32およびAu層33を除去することで、第1の電極7に対する取出電極9のNi層9bとAu層9cと、第2の電極8のNi層8b

6

【0028】次に、図1に示すように、サファイア基板1の裏面全体に、Alを約 2000 \AA の厚さに蒸着して、反射膜13が形成された。次に、以上のように製造されたウエハをダイシングにより個々のチップに切断し、個々に切断されたLEDチップを図2に示すようにリードフレーム40上に固定し、Au線43によりリードピン41と第1の電極7の取出電極9のAu層9cと接続し、Au線42により第2の電極8のAu層8cと接続した。

【0029】このようにして、図2に示す構造のMIS(Metal-Insulator-Semiconductor)構造の発光ダイオードを製造することができた。第2の電極8に対して透明導電膜の第1の電極7を正電位となるように電圧を印加することにより、第1の電極7直下のi層5にて発光を得ることができた。そして、この発光は透明の第1の電極7を介して直接取り出すことができ、又、サファイア基板1の裏面に形成された反射膜13による反射光も透明の第1の電極7を介して取り出すことができた。

【0030】この発光ダイオードは、第1の電極7に透明導電膜を用いたので、第1の電極7の面積を大きくすることができた。よって、第1の電極7と第2の電極8との間の直列抵抗を小さくすることができたので発熱が抑制された。従って、電流-電圧特性において、電流 10 mA 時の立ち上がり電圧が 6 V であった。従来の構造の発光ダイオード(第1の電極にアルミニウム電極を使用したLED)が電流 10 mA 時の立ち上がり電圧が 8 V であるので、従来構造に比して約 $3/4$ となり、駆動電圧を低下させることができた。

【0031】次に、他の実施例について説明する。上記実施例における発光ダイオード10では、n層4を1層としているが、発光ダイオード10aを、図10に示すように、i層5に接合する厚さ $1.5\text{ }\mu\text{m}$ の低キャリア濃度n層4aと厚さ $2.2\text{ }\mu\text{m}$ の高キャリア濃度n⁺層3との2層とすることもできる。この発光ダイオード10aでは高キャリア濃度n⁺層3を電流が水平方向に流れるので、電極間の抵抗をより減少させることができる。高キャリア濃度n⁺層3は、サファイア基板1の温度を 1150°C に保持し、 H_2 を 20 l/分 、 NH_3 を 10 l/分 、 TMG を $1.7\times 10^{-4}\text{ モル/分}$ 、 H_2 で 0.86 ppm まで希釈したシラン(SiH_4)を 200 ml/分 の割合で30分間供給することで、膜厚 $2.2\text{ }\mu\text{m}$ 、キャリア濃度 $1.5\times 10^{18}/\text{cm}^3$ に製膜できる。

【0032】又、図11に示すように、発光ダイオード10bを、チップの中央に透明導電膜から成る第1の電極7を形成し、その周辺にn⁺層3に接続された第2の電極8を形成することで製造しても良い。この時、第2の電極8の最下層であるAl層を反射膜とすることができるので、発光効率を向上させることができる。

【0033】このような発光ダイオード10bは、図1

7

の(a)に示すように、サファイヤ基板1上に、上述した製造方法により、順次、AlNから成るバッファ層2、高キャリア濃度 n^+ 層3、低キャリア濃度 n 層4 a、i層5を製造した。次に、図12の(b)に示すように、図12の(a)の多層構造のウェーハに対して太い刃物(例えば、 $250\mu\text{m}$ 厚)を用いたダイシングによりi層5から低キャリア濃度 n 層4 a、高キャリア濃度 n^+ 層3、バッファ層2、サファイヤ基板1の上面一部まで格子状に所謂ハーフカットにて切り込みを入れた。

【0034】次に、図7及び図8に示したのと同じ工程により、ITOから成る第1の電極7と、第2の電極8のAl層8 aを、図13の(c)に示すように形成した。さらに、図9に示す工程により、取出電極9のNi層9 b、Au層9 c及び第2の電極8のNi層8 b、Au層8 cを形成した。

【0035】次に、図13(d)に示すように、細い刃物(例えば、 $150\mu\text{m}$ 厚)を用いたダイシングにより、格子状に第2の電極8が形成されてた切り込みが入れている部分において、サファイヤ基板1を格子状に切断した。このようにして、図11に示す構造の発光ダイオード10 bを製造することができる。

【0036】一方、図14に示すように、発光ダイオード10 cをi層5の中央部に n^+ 層3に至る小さい径の穴を開けて、その穴に第2の電極8を形成し、その周辺部に透明導電膜の第1の電極7を形成するようにしても良い。上記の構造の発光ダイオード10 b、10 cにおいては、高キャリア濃度 n^+ 層3に対する第2の電極8は、i層5に対する第1の電極7との位置関係の対象性から、電極間を流れる電流を発光領域の部位に拘わらずほぼ同じとすることができる。従って、発光ダイオードの青色の発光領域における発光ムラをなくすことができると共に発光強度を向上させることができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な一実施例に係る発光ダイオードのチップの構造を示した断面図。

8

【図2】同実施例に係る発光ダイオードの取付け構造を示した断面図。

【図3】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図4】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図5】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図6】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図7】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図8】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図9】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図10】他の実施例に係る発光ダイオードの構成を示した斜視図。

【図11】他の実施例に係る発光ダイオードの構成を示した斜視図。

【図12】図11に示す発光ダイオードの製造工程におけるウェーハの断面図。

【図13】図11に示す発光ダイオードの製造工程におけるウェーハの断面図。

【図14】他の実施例に係る発光ダイオードの構成を示した断面図。

【図15】その実施例に係る発光ダイオードの平面図。

【符号の説明】

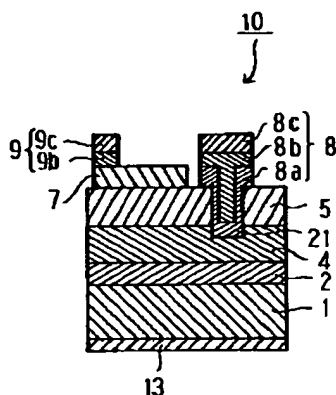
1-サファイヤ基板 2-バッファ層 3-高キャリア濃度 n^+ 層

4-n層 4 a-低キャリア濃度 n 層 5-i層

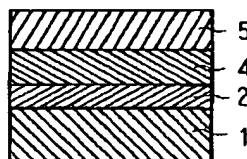
7-第1の電極(透明導電膜による電極) 8-第2の電極

10, 10 a, 10 b, 10 c-発光ダイオード

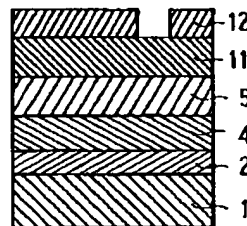
【図1】



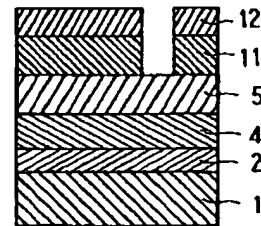
【図3】



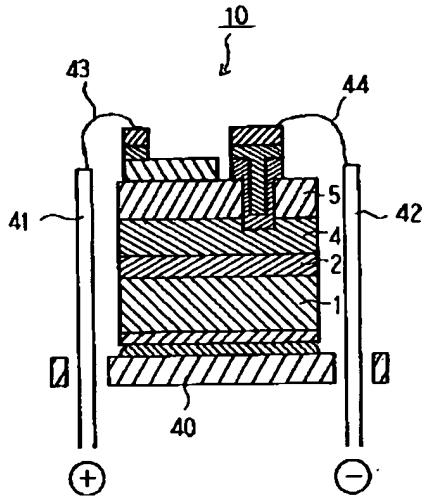
【図4】



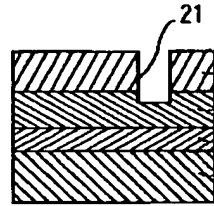
【図5】



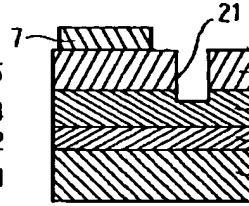
【図2】



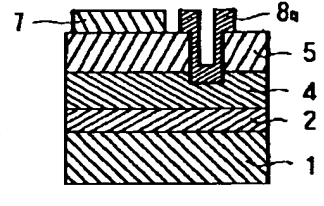
【図6】



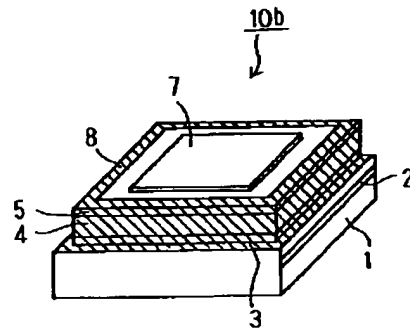
【図7】



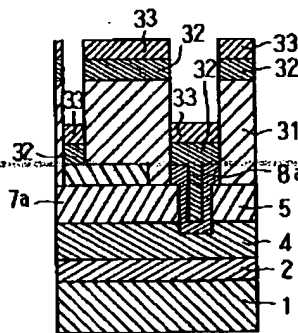
【図8】



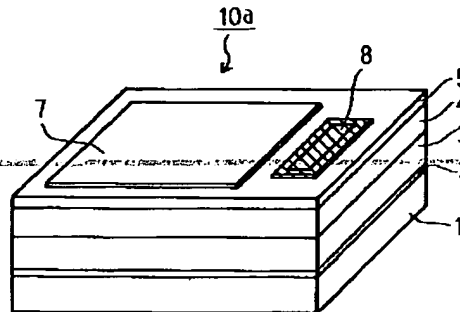
【図11】



【図9】

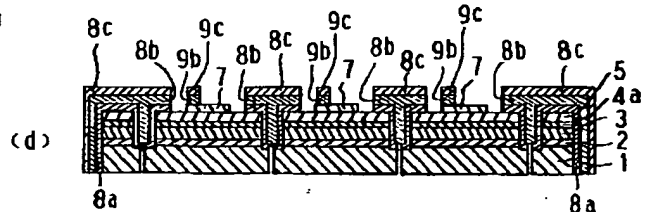
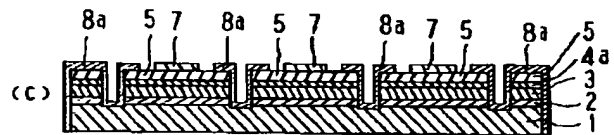
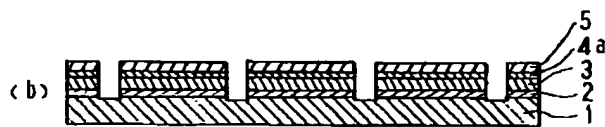
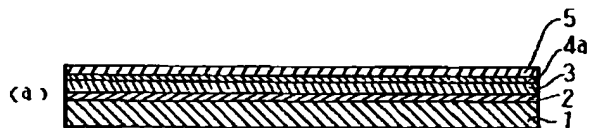


【図10】

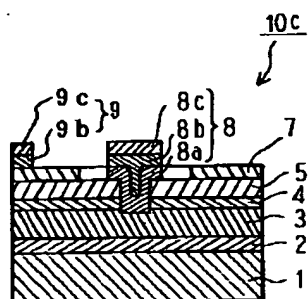


【図13】

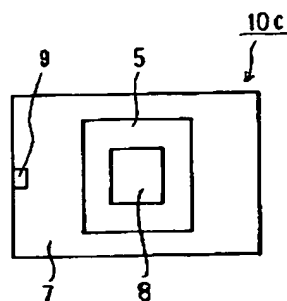
【図12】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 小澤 隆弘
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内